

# 行政院國家科學委員會專題研究計畫成果報告

## 結構之風力載重及受風反應研究(I)—子計畫二

### 高層建築之設計風載重專家系統

### A Design Wind Load Expert System for Tall Buildings

計畫編號：91-2211-E-032-014

執行期限：91 年 8 月 1 日至 92 年 7 月 31 日

主持人：王人牧 私立淡江大學土木工程學系

計畫參與人員：鄧秉泰 私立淡江大學土木工程學系

#### 一、中文摘要

建築抗風設計的規範與標準通常是複雜和不易解讀的，另外，其明定的風載重要求常只涵蓋少數簡化的狀況。風所導致的結構物反應可發生於順風向、橫風向與扭轉向三個方向。順風向風力在規範與標準中多以陣風反應因子之分析模式加以預測，而在橫風向與扭轉向方面一般規範多未提供足夠的規定。淡江大學的風工程研究中心做過許多不同基本形狀房屋之氣彈力模型實驗和高頻力平衡量測(HFBB)，大量的風洞量測資料與本研究團隊在此領域的豐富經驗可建構一個完整的房屋建築風載重知識庫。因此本研究之目的即是發展一個知識庫專家系統，將風洞實驗資料庫、結構動力分析程序、風工程修正方法及專家經驗性之知識建構於其中，在初步設計階段透過本系統使用者可獲得合理準確的結構物設計風載重，據此使用者可進行設計評量與更細部之設計工作，並可決定是否需做進一步之風洞實驗。

在計畫執行與系統實作上結合「專家系統」與「全球資訊網」兩項資訊技術，利用案例式推理(Case-Based Reasoning)的觀念與技巧，以主從式網路執行環境為架構，使用者介面主要是以 JSP 技術建立於瀏覽器上，加上建置於 IIS 伺服端的案例庫與案例式推論引擎選出適當的案例，配合修正因子利用 Fortran 寫出的程式計算出設計風載重，最後將結果透過繪圖軟體產生風力頻譜與載重分布。九十一年度完成本

計畫第一年之工作。

**關鍵詞：**專家系統、案例式推理、結構風工程、風洞試驗、資料庫、知識庫、全球資訊網、Java Server Page

#### Abstract

The design codes and standards for wind resistant design are usually complex and prone to misinterpretations. Besides, they usually specify requirements of wind loading for only a few simplified cases. Wind-induced response of buildings takes place in the alongwind, acrosswind and torsional directions. Analytical model, such as gust factor approach, can be found in codes and standards to determine alongwind loads. However, little guidance is given to the resolution of the acrosswind and torsional loads in most design codes. Wind tunnel measurements of various generic building shapes from high frequency base balance (HFBB) and aeroelastic model experiments have been done in Wind Engineering Research Center at Tamkang University. Based on the extensive experimental data and expertise of our research team in this field, a comprehensive knowledge base can be constructed for wind load analysis on tall buildings. The objective of the research is to develop a knowledge-based expert system, which incorporates database of wind tunnel tests, analysis procedures of structural dynamics, modification methods of wind engineering and heuristic knowledge of wind

engineers for generating building design wind loads. The system can be used at the preliminary design stage to get reasonably accurate design wind loads without performing costly and time-consuming wind tunnel tests.

Expert system and WWW technologies are used to implement the project. Based on case-based reasoning and client-server architecture, the user interface is built on Internet browsers using mostly JSP. The case library and case-based inference engine are on an IIS server. Similar cases can then be selected, and design wind load modifications are performed using correction factors calculated by numerical programs written in Fortran. In addition, web-charting software is used to produce figures of wind spectra and loading distributions. The project is currently implementing its second year plan. This report presents its first year results.

**Keywords:** Expert Systems, Cased-Based Reasoning, Structural Wind Engineering, Wind Tunnel Experiments, Database, Knowledge Base, WWW, Java Server Page

## 二、完成之工作項目

### (一) 風工程領域相關資料蒐集、知識擷取與專家訪談

在風工程資料蒐集方面，已收集了許多風工程領域方面的期刊、論文等，其中以風工程研究中心謝雨利、劉中泰的論文〔1、2〕為主要資料分析與初步知識擷取之對象。本年度，我們的研究團隊陸續和其它子計畫的老師與學生有過十次正式專家訪談會議，而會議的結論，對案例庫的建立、專家系統整體推論架構達成了共識。

### (二) 各種網路專家系統軟體與動態網頁寫作技術之調查、評估與引進

在軟體及技術之調查、評估方面，經過初步的篩選後，主要針對 CBR-Works〔3〕、XpertRule Knowledge Builder〔4〕、Visual Rule Studio〔5〕和 ILOG JRules〔6〕這四套軟體進行詳細評估，而評估後的結果各有所長，它們的特點如下：

1. CBR-Works 是建立 CBR 應用程式的專家系統發展工具，可在多種領域和環境提供智慧型的問題解決之道，它除了能從案例庫找尋案例之外，還能提供案例模組的建立和案例庫的維護。它的推論機制包含了整個 CBR 的流程，從案例的比對、取回到修正。CBR-Works 的圖形化介面提供程式寫作者設計複雜知識模組、索引權重、相似法則等等的發展工具，任何事都可以簡單的方法處理，加上物件導向的技術使得在建立和維護系統方面變得更容易了，CBR-Works 4 之介紹請參考第三節。九十一年度已採購 CBR-Works 4 以配合案例式推理為先的系統模型架構與解題邏輯。
2. Attar Software 之 XpertRule Knowledge Builder 其介面讓人容易上手，內建多種 AI 技術，如 Decision Tree、Fuzzy Logic、CBR 等，但網路功能較為簡單，適合發展諮詢、診斷和評估型專家系統。在風工程規範專家系統的建立上應該會比其他軟體更為適當。
3. RuleMachine 公司所發展的專家系統建構工具 Visual Rule Studio 之最新版本為 (V 2.5)。此版之 Enterprise Server 與 ASP 之整合更為直接和容易設定，其知識表示法為物件式的法則表示法，物件又分類別 (class) 與實例 (instance)，物件本身擁有屬性 (attribute)，而其屬性由剖面 (facet)、方法 (method) 與法則 (rule) 所構成。同時它保有了原先的 Production Rule Language (PRL)，支援前向鍊結、後向鍊結與混合式的推論方式。
4. ILOG JRules 在法則建立方面是以 Java 語言為主，再加上其網路功能強大，所以是在 Java 環境下建立網路型態專家系統的不錯選擇。唯程式寫作較為低階與複雜，所需入門與程式發展時間較長。

### (三) 系統功能與規格之訂定

初步知識擷取與專家訪談的結果顯示，系統的主要功能在提出高層建築之設

計風載重供設計者參考，使用者輸入建物的基本描述與風場特性，透過內部的案例、風洞實驗數據與修正法則的推論機制，產生風力頻譜，再計算出各樓層的設計風載重。由於考慮到與總計畫顧問之合作關係，本系統之可能使用者並不局限於台灣地區，所以系統介面以英文設計之。

#### (四) 軟體硬體環境之建置

為了配合本計畫發展風工程專家系統，淡江大學於九十一年度提供經費與空間在風工程研究中心成立「計算風工程暨專家系統研究室」。並已完成光纖網路之鋪設和風工程研究中心內部網路之更新。在硬體環境方面，本案已架設 Pentium 2.5G 網路伺服器，配備 512 MB DDR RAM 與兩部 36GB 15000 轉的 SCSI 硬碟機，在作業系統方面選擇 WINDOWS 2000 SERVER 搭配 SQL SERVER 2000 資料庫。繼之安裝專家系統、伺服器套件、繪圖、數值計算和結構分析程式等之軟體。

#### (五) 整體系統模型架構之制訂

本案所要發展之專家系統網路伺服器知識庫模型，是以一般專家系統中已成熟之技術為藍本，另加以網路化。本項工作經研究分析後設定基本原則，系統整體解題邏輯與推理思維方法之設計是以案例式推理為首，輔以法則式推理來處理經驗性的思維方式，配合程序性的結構計算程式以呼叫外部程式之方式處理；在知識表示上以物件式為基礎，舉凡案例庫與知識庫的架構均以階層式之物件表示。另一方面，經驗性與實驗推估的領域知識（如案例相似性的評估、風力係數的修正等）盡可能的以法則來表示，以求知識的透明化，並易於驗證與維護。

#### (六) 使用者介面之設計

設計使用者介面的雛形，強調資料輸入的模組化與合理性，同時保有操作流程的順暢與彈性，藉由圖形化介面之討論，建立與風洞實驗室專家溝通的橋樑，介面規劃有利於系統模型架構之制訂，二者交互進行。

#### (七) 高層建築設計風載重專家系統雛型之發展

根據所制訂之系統模型架構，發展系統雛型，驗證概念並研究修訂其細部內容。

### 三、系統建構工具 CBR-Works

系統的建構採用德國 Emplois 公司所發展的 CBR-Works 作為案例式推理的主要推論工具，CBR-Works 圖形化的介面讓使用者更容易的建立應用程式，以物件導向的方式來設計模組，直接透過 ODBC 來連接資料庫，並可以 HTML 和 JAVA 作為前端處理。

CBR-Works 主要的運作模式是透過使用者所輸入的項目配合它的權重、及相似度、法則各項條件來進行評估，開始搜尋 CBR-Works 內所有的案例，將搜尋出來的案例給予評分讓使用者參考。關於輸入查詢資料的部分，我們可以利用 CBR-Works 內的 Case Navigator 來替我們完成，但 Case Navigator 的介面並不友善，也只能在本機端使用。所以透過瀏覽器在網路執行 CBR-Works 即可直接將所得到的結果顯示在瀏覽器上。利用瀏覽器來執行必須架設網頁伺服器，使用者從客戶端的瀏覽器連上網頁伺服器，將所要查詢的案例條件一一輸入後，透過網頁伺服器傳入一個 CGI 程式 CQL-Connect，將我們所查詢的資料轉為 CQL (Case Query Language) 語言，再傳入 CBR-Works 中進行查詢，查詢出來的結果也是透過 CQL 語言配合一個樣板網頁，將所查得的資料，在伺服器端輸出於樣板網頁上，轉為使用者看的懂的樣式，傳給客戶端的瀏覽器，呈現在使用者面前。而 CBR-Works 和使用者之間的互動模式可以圖一這個流程圖表示。

### 四、雛型系統設計

本節對系統整體架構做一概要說明，圖二是系統運作模式，細節請參考〔7、8〕。使用者透過圖形化介面輸入建物之資料後，系統根據所得之資料，由案例式推論引擎根據各種屬性的權重、比對方式到案例庫進行搜尋相似度較高案例的工作。找到適合的案例之後，可以根據修正程式進行分析計算，並將分析的結果，如風力係數、順風向頻譜、橫風向頻譜、順風向及

橫風向的風載重，透過繪圖元件 WebCharts 3D，將圖形與數值同時顯示在瀏覽器介面上，讓使用者可以參考數值，配合圖形更可以了解數值在不同狀態下的變化情形。

案例式推論引擎主要是由案例擷取模組和 CBR-Works 組成，若將 CBR-Works 再細分的話，可分為 CQL-Connect、案例庫、CBR-Works 推論機制，如圖二所示。

## 五、結論與成果自評

本計畫預定分三個年度完成，本年度如計畫書中之規劃，完成之具體成果包括：專家系統推理引擎軟體與網頁編寫技術之選定；高層建築設計風載重專家系統架構之建立；風工程案例庫之發展與設計；並由本計畫完成整個網路專家系統雛型之 Web 伺服器與其上的風載重計算程式和介面模組。

本研究成功地整合專家系統與外部數值程式，更進一步讓專家系統網路化，同時也克服了網頁與網頁間，以及網頁與外部數值程式間之資料傳輸，可作為以後其它系統發展的建構範例。

本案成功的應用案例式推理於風工程上，經初步測試與評估後發現系統效能良好，已證明本計畫之系統架構與建置概念具體可行。

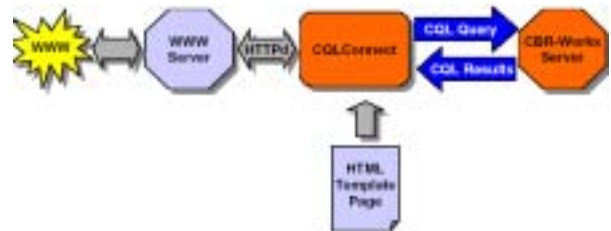
九十二年度正執行本計畫第二年之工作，將進一步擴充系統知識庫與資料庫，改進案例修正方式，完成下一階段的原型系統。

## 六、參考文獻

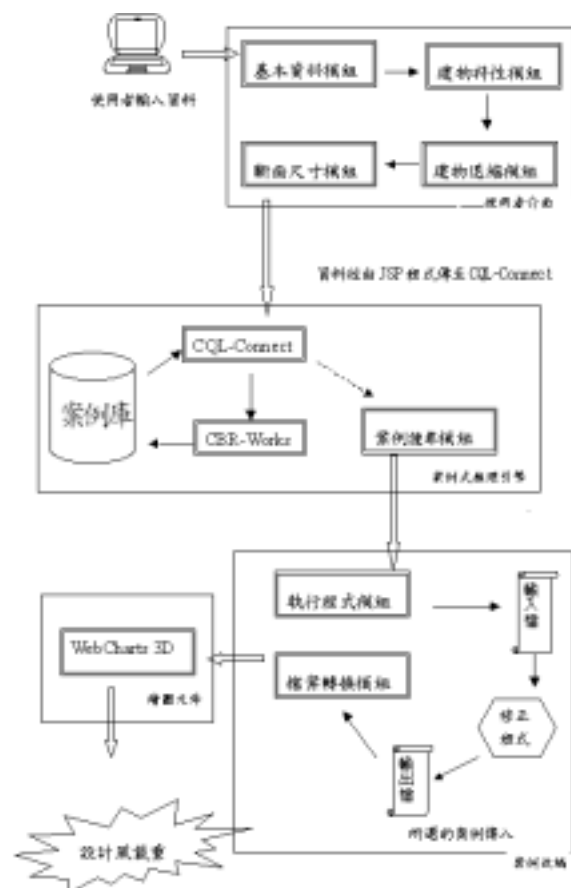
- [1] 謝雨利，「幾何造形對高層建築設計風載重的影響」，淡江大學土木工程研究所碩士論文（2000）。
- [2] 劉中泰，「高層建築之斷面形式對其設計風載重之影響」，淡江大學土木工程研究所碩士論文（2001）。
- [3] CBR-Works, URL: <http://www.cbr-web.org/>, accessed January 2003.
- [4] XpertRule Knowledge Builder, URL: [http://www.attar.com/pages/info\\_kb.htm](http://www.attar.com/pages/info_kb.htm), accessed January 2003.
- [5] Visual Rule Studio, URL: <http://www.rulemachines.com/VRS/Index.htm>, accessed January 2003.
- [6] ILOG Jrules, URL:

<http://www.ilog.com/products/rules/engines/jrules/>, accessed January 2003.

- [7] Wang, Jenmu, Chii-Ming Cheng and Ping Tai Tens, "Design Wind Loads on Tall Buildings: a Wind Tunnel Data Based Expert System Approach," The Eleventh International Conference on Wind Engineering, June 2~5, Lubbock, Texas, USA, pp. 511-518 (2003).
- [8] 鄧秉泰，「案例式推理在高層建築設計風載重之應用」，私立淡江大學土木工程研究所碩士論文（2003）。



圖一：CBR-Works 運作模式流程圖



圖二：系統運作模式流程圖